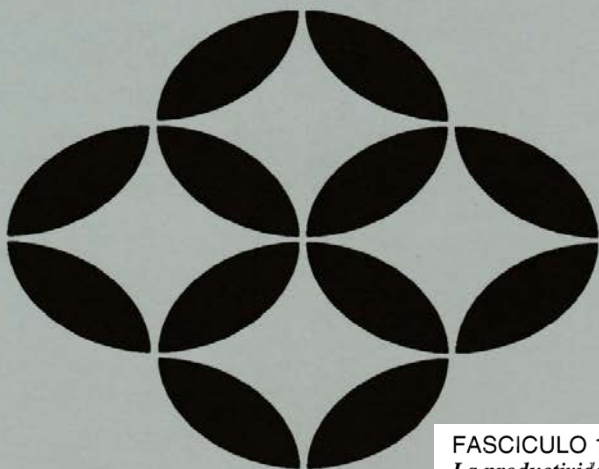




Paquete de Producción



FASCICULO 1
La productividad en tu negocio

FASCICULO 2
Administración de la calidad

FASCICULO 3
Control de calidad

Módulo IV

*Elementos clave para competir
(Calidad y productividad)*

Presentación

El concepto de *competitividad* en una empresa ha evolucionado en la historia, condicionado por las fuerzas que han impulsado su desarrollo hasta convertirla en lo que hoy llamaríamos la empresa moderna, desde la época de los artesanos, en la que la competitividad de una manufactura tenía su base en la destreza y reputación de los artesanos (garantizada por los gremios artesanales), hasta la revolución japonesa, que ha forzado a las empresas modernas a incorporar el mejoramiento de la calidad y productividad dentro de sus estrategias, con el objeto de mantener su competitividad dentro del mercado.

El grado de competitividad de las empresas en los diferentes países es muy diverso, en general son muchas las condiciones que afectan la calidad y la productividad en las empresas por países, desde factores culturales y preferencias de los mercados domésticos, hasta la disponibilidad de tecnología avanzada que permita automatizar el control de los procesos productivos. Como ya se mencionó, fue la revolución japonesa la que dio la alerta acerca de la importancia de la calidad y la productividad como factores determinantes de la competitividad de una empresa. La industria japonesa de la postguerra tuvo que enfrentar serias restricciones, como son las limitaciones de espacio y escasez de materia prima, por ser un país con una población grande en un territorio relativamente pequeño. La producción masiva de la industria estadounidense, por ofrecer precios relativamente bajos, así como por su reputación de potencia tecnológica significaba también una competencia de respeto para la industria japonesa. Fueron justamente estas restricciones las que impulsaron a los japoneses a desarrollar métodos que les permitieran reducir costos y mejorar la calidad de sus productos. Hoy en día nadie duda de la calidad de la tecnología electrónica japonesa, por ejemplo.

En la economía de México, sin embargo, una pregunta necesaria es si estos cambios originados por la competencia entre potencias industriales tendrán que generar cambios en la industria o en los servicios de los mexicanos o, dicho de otra forma, si los mexicanos tienen costumbres, preferencias, y condiciones de trabajo muy particulares, por qué tendrían que cambiar sus métodos de producción como lo hacen las potencias. Probablemente habría diferentes opiniones en torno a este tema, y para ayudar a la reflexión, consideremos el caso de un encuentro casual que típicamente ocurriría en la capital mexicana.

Pedro y Miguel son nortños, crecieron juntos en un barrio popular de la ciudad de Saltillo, y asistieron a la misma escuela. Pedro tenía una visión práctica del futuro, se sentía muy inclinado a la vida de los negocios y fue ésta la razón principal para emigrar a la ciudad de México, luego de terminar la preparatoria. A Miguel en cambio, le apasionaban los estudios, menos preocupado por su futuro inmediato, deseaba desempeñarse en lo que le podría dar la satisfacción de conocer realidades diferentes, y buscaba al mismo tiempo sentirse a gusto con su trabajo. Por

esta razón, decidió estudiar una carrera de ingeniería en un reputado instituto tecnológico de la región. Al cabo de 10 años, Miguel se encuentra en el Distrito Federal en un viaje de negocios, por encargo de la compañía donde trabaja, una empresa suiza que planea abrir oficinas en México, la cual se dedica a la producción y comercialización de telares y maquinaria de hilatura para la industria textil. La compañía de Miguel le había encargado dictar un seminario sobre las cualidades técnicas de sus máquinas, seminario que se llevaba a cabo en el local de la Cámara de la Industria Textil. La sorpresa de Miguel fue muy grande al identificar a su amigo Pedro entre los asistentes al seminario, el saludo fue muy efusivo, y como era de esperarse, acordaron comer juntos luego del seminario.

Durante el seminario, Pedro se enteró de que su amigo Miguel había realizado su sueño de graduarse de ingeniero industrial, con estudios de postgrado en el extranjero, además de alcanzar la posición de representante técnico de una reputada industria de maquinaria. Miguel inició la conversación preguntando a su amigo a qué se debía la grata sorpresa de encontrarlo en el seminario. Pedro empezó a relatarle que a su llegada a México, hacía 10 años, logró colocarse en una empresa textil donde, a base de experiencia y algunos cursos de capacitación pudo aprender los fundamentos de la producción de telas. Sin embargo, su afición por los negocios le permitió ganar la confianza de los dueños de la empresa, quienes lo apoyaron para independizarse y empezar un pequeño negocio de confección. La asistencia de Pedro al seminario se debía a que hacía un año había adquirido un telar con lanzadera y un equipo de teñido, los cuales, por ser usados, había obtenido a un precio muy razonable. La experiencia en su nueva actividad de producción de telas había incentivado la curiosidad de Pedro por conocer los beneficios que puede ofrecer la tecnología de avanzada.

Miguel manifestó el agrado de saber que su amigo de la infancia había logrado incursionar en el mundo de los negocios, a lo que Pedro replicó que luego de haberse iniciado con mucho sacrificio, encontraba que si bien aprovechó un momento oportuno para incursionar en el negocio de la confección, la situación actual le presentaba serias dificultades para continuar en esa rama. En la confección, la apertura comercial estaba impactando la demanda de sus confecciones. Pedro opinaba que las confecciones que llegaban del oriente se estaban vendiendo a precios muy bajos, y que la competencia no era leal, ya que en las calles se vendía hasta ropa usada. La adquisición del telar obedecía, además del buen precio, a la idea de que al fabricar sus propias telas, podría abaratar sus costos y, en consecuencia, podría competir en precio con las confecciones importadas. La idea, sin embargo, ya no parecía ser tan buena, en la práctica estaba encontrando dificultades en su proceso productivo. El telar que acababa de comprar requería de un cuidado muy especial, la uniformidad del tejido no era de primera y las paradas eran frecuentes debido a los constantes ajustes que requería la máquina. Se había también enterado en el seminario de que la velocidad de los telares modernos era significativamente más alta que la de su telar, aun trabajando en condiciones óptimas, y que la

intervención de los operarios en un telar moderno era mínima en comparación con la de un telar como el suyo. La opinión de Miguel no se hizo esperar, ¿por qué no adquirir un telar moderno? La respuesta de Pedro fue también inmediata: “los telares modernos como los que ofrece tu compañía, Miguel, son una maravilla, pero el precio es bastante alto, aunque pudiera conseguir financiamiento, no tengo experiencia con estas máquinas. El costo de mantenimiento de una máquina tan delicada podría ser muy alto, dado que los repuestos son importados y las paradas en la producción pueden ser largas si no hay mantenimiento oportuno. Por otro lado, si ya encuentro dificultad para que los obreros no mezclen mal los hilos con el telar que tengo, ya me imagino lo que podrían hacer con una máquina sofisticada a menos que la supervisión fuera muy estricta”. Con la mejor de las intenciones, Miguel empezó a mostrar por qué era representante de una compañía tan importante. Pedro, le dijo, yo no me preocuparía mucho de los detalles que acabas de mencionar. El costo de mantenimiento de una máquina moderna es mucho más bajo que el de una máquina obsoleta, no sólo porque se descompone con menor frecuencia, sino porque la tecnología de avanzada, entre otras cosas, simplifica el servicio de mantenimiento. Por ejemplo, si el control automático tiene una falla, la misma máquina lo detecta y se para, lo peor que podría ocurrir para solucionar la falla es que se tuviera que cambiar una pequeña tarjeta hecha de silicón, cuyo costo es muy bajo, y su instalación es facilísima.

Otra de las ventajas de la tecnología moderna es la facilidad de operación, mi opinión sincera es que si un obrero tuyo es capaz de operar una máquina como la que mencionas, no tendrá ningún problema en operar una máquina moderna, la cual requiere mucho menos contacto con el operario. Por el contrario, el operario tendrá mucho más tiempo para dedicarse a otras labores productivas, como pueden ser el control de la calidad de los hilos y las telas, el registro de inventarios, y los mecanismos para eliminar el desperdicio. No hay que perder de vista también la satisfacción del operario que maneja una máquina más moderna.

En las empresas de competitividad internacional se tiende a dar mayor responsabilidad a los operarios en el proceso productivo, ya que de ellos depende directamente el proceso. Un operario satisfecho con su trabajo puede significar una alta calidad y productividad. Si yo estuviera en tu lugar, de lo que me preocuparía al comprar una máquina moderna es de mi capacidad de venta. Dado que la máquina nueva es costosa, la única manera de justificar su costo es aprovechando la velocidad de producción de la máquina, es decir, produciendo un mayor volumen. Evidentemente, el problema principal es la colocación de tu mayor producción. Si en tu opinión el mercado nacional no está respondiendo a tus expectativas debido a la competencia, una buena estrategia es la de contestar de la misma forma, es decir tratar de incursionar en otros mercados. El éxito de tu empresa en un futuro cercano va a depender de tu capacidad para ofrecer productos competitivos, es decir, calidad a buen precio. Si esto puede ser logrado en México, no sólo no te preocupará la competencia aquí, sino que tendrás capacidad de exportación. Una decisión de este tipo debe llevar-

te a considerar la posibilidad de preocuparte del diseño de tus confecciones. En verdad, la tecnología moderna simplifica mucho el proceso de producción, pero hace también más dinámica la empresa; la preocupación es ahora la de mejorar constantemente, y buscar la captura de otros mercados.

Al final de la conversación, Miguel y Pedro expresaron su mutuo aprecio, y decidieron estudiar la posibilidad de iniciar el nuevo negocio juntos, el dinamismo y visión de negocios de Pedro, así como su experiencia en el mercado nacional, unidos a la capacidad ingenieril y las relaciones con el exterior de Miguel podrían dar un magnífico resultado.

Las opiniones respecto al presente ejemplo las dejamos abiertas a tu criterio, quiéramos solamente resumir los argumentos de Miguel hacia la compra de un equipo moderno. En principio, al tiempo ocioso (por fallas y desperfectos) de una máquina obsoleta se opone una máquina veloz con requerimientos de operación muy bajos. Al desánimo de los operarios se opone una actividad dinámica de los mismos, con mayor responsabilidad e incentivos. El problema es entonces que esta actividad reconfortante genere también beneficios económicos, que la empresa sea competitiva. Entendamos bien que este ejemplo no pretende insinuar que la maquinaria y equipo de una empresa deben renovarse constantemente. La adquisición de un equipo moderno es una decisión económica que depende fundamentalmente del precio del nuevo equipo, y de los rendimientos de ambos equipos (nuevo y usado). Una empresa con equipo que no es de avanzada puede también ser competitiva, siempre y cuando el equipo no genere ineficiencia en el proceso. Lo importante es mantener el espíritu dinámico de la empresa.

Objetivos del Módulo

Al concluir este Módulo, podrás:

- *Reconocer la importancia del mejoramiento continuo de la calidad y productividad como metas de la dirección empresarial.*
- *Identificar las medidas apropiadas de calidad y productividad dentro de tu empresa.*
- *Utilizar las medidas de calidad y productividad de tu empresa como herramientas de control de la dirección empresarial.*
- *Desarrollar una estrategia para el mejoramiento continuo de la calidad y productividad dentro de tu empresa.*

Organización del Módulo

El presente Módulo te introducirá al concepto moderno de empresa competitiva, y demostrará por qué el mejoramiento constante de la calidad y productividad deben ser actualmente lemas de la dirección empresarial. Te proporcionaremos las herramientas necesarias para la implantación de estrategias que permitan medir y controlar la calidad dentro de tu empresa, así como incorporar el mejoramiento continuo de la calidad y productividad en tu negocio.

La organización de este Módulo es la siguiente. El Módulo consta de tres fascículos de autoaprendizaje. En el primer fascículo se trata el tema de la productividad en una empresa o servicio. En primer lugar, se describen los beneficios que obtiene el administrador cuando puede apoyar sus decisiones con un sistema que le permita llevar un registro de la productividad de su empresa o negocio. En segundo lugar, se explican en detalle las consideraciones que es necesario tomar en cuenta con el fin de implantar un sistema que permita el seguimiento de la productividad dentro de la empresa.

En el segundo fascículo, se explica la importancia de la administración de la calidad dentro de una empresa. Asimismo, se describen brevemente las técnicas modernas de administración de la calidad, en particular del concepto de control total de la calidad, así como la importancia y los pasos necesarios para medir la calidad de un producto o servicio.

En el tercer fascículo, se explican los conceptos que debe conocer un administrador para asegurar la calidad de los productos o servicios que ofrece la empresa conforme a los planes establecidos. Se describen, asimismo, las técnicas más importantes para el control estadístico de la calidad.

El mantenimiento de tu posición en el mercado, la satisfacción de dirigir una empresa competitiva, y un ambiente agradable de trabajo con una alta estima personal de los trabajadores, son algunos de los beneficios que puedes obtener con una estrategia que permita el mejoramiento continuo de la calidad y productividad de tu empresa.

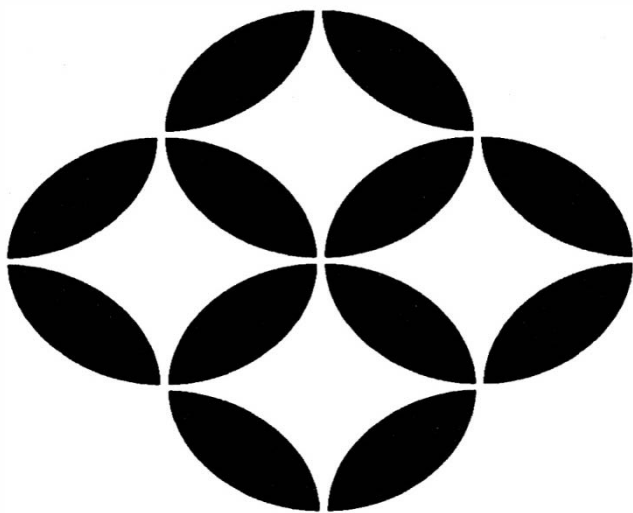
Indice

- FASCICULO 1: *La productividad en tu negocio.*
- FASCICULO 2: *Administración de la calidad.*
- FASCICULO 3: *Control de calidad.*

Paquete de Producción

***Módulo IV: Elementos clave para competir
(Calidad y productividad)***

FASCICULO 3



Control de calidad

Control de calidad

Contenido

1. El concepto de control de calidad.
2. El proceso de inspección.
3. Muestreo de aceptación por atributo.
4. Muestreo de aceptación por variable.
5. Control estadístico de los procesos.

Este fascículo está elaborado para que:

- Identifiques los pasos que debes seguir para asegurar que el consumidor reciba un producto con las características de calidad establecidas por tu empresa.
- Identifiques las consideraciones que son importantes para lograr un eficiente sistema de inspección.
- Utilices las técnicas del control estadístico de calidad para controlar que la calidad de tu producto o servicio sea la adecuada.

Objetivo

Ser capaz de elaborar un plan que te permita controlar que la calidad de los productos o servicios que ofrece tu empresa esté de acuerdo con los objetivos de tu negocio.

► *Indice*

Instrucciones

Evaluación previa

Introducción

Objetivo terminal

Concepto de control de la calidad . .

El proceso de inspección

Muestreo de aceptación por atributo

Muestreo de aceptación por variable

Control estadístico de los procesos .

Evaluación final

CONTROL DE CALIDAD

► Instrucciones

Este fascículo contiene los conceptos y las técnicas que debes conocer para controlar que la calidad de los productos o servicios que ofrece tu empresa sea la que estableciste en tu plan de negocios. Hemos incluido tanto las consideraciones necesarias para implantar un eficiente sistema de inspección, así como una descripción de las técnicas del control estadístico de la calidad.

Antes de empezar a leer el contenido de este fascículo, contesta las preguntas de la evaluación previa que se presenta al inicio. Posteriormente, verifica si tus respuestas coinciden con las respuestas que aparecen al final de dicha evaluación.

El presente fascículo consta de cinco temas. En el primer tema se describen el concepto y la importancia del control de la calidad. En el segundo tema se presentan los detalles que debes considerar para implantar un sistema eficiente de medición. En los tres últimos temas se presentan las técnicas del control estadístico de la calidad.

Durante el desarrollo del fascículo encontrarás algunos ejercicios que te permitirán evaluar los conocimientos que irás adquiriendo durante la lectura del mismo, y reflexionar sobre la planeación de tu sistema de control de la calidad. Te recomendamos considerar nuevamente las preguntas de la evaluación previa, así como la evaluación final, luego de terminar la lectura de este fascículo, para que reconozcas lo que pudiste aprender.

► *Evaluación previa*

Selecciona la opción que mejor se ajuste a tu opinión sobre el tema.

1. El muestreo de aceptación se usa para:
a) No lo sé.
b) Controlar las operaciones de la manufactura o del servicio.
c) Verificar la calidad de los insumos y los productos terminados.
d) Llevar las estadísticas de calidad.
e) Sólo b y d son correctas.
2. La inspección de la calidad de los productos es preferible que sea llevada a cabo por personal dedicado únicamente a la inspección (inspectores).
Verdadero _____ Falso _____
3. La mejor regla para localizar las estaciones de inspección es al final de cada operación de un producto terminado.
Verdadero _____ Falso _____
4. En un muestreo de aceptación siempre existe la posibilidad de rechazar un lote con características aceptables de calidad.
Verdadero _____ Falso _____
5. Para realizar un muestreo de aceptación por atributo, se debe determinar el número máximo de unidades defectuosas en la muestra, que debe tener un lote para ser aceptado.
Verdadero _____ Falso _____
6. En el control estadístico de los procesos deseamos determinar si la variabilidad del proceso se debe a causas comunes o a causas asignables.
Verdadero _____ Falso _____

► *Introducción*

Una de las cosas que debes haber aprendido de tu experiencia como administrador de tu negocio es que la calidad de un producto o servicio nunca puede ser perfecta. El control de la calidad de los productos o servicios es, en consecuencia, una tarea laboriosa pero necesaria, si queremos estar seguros de que la calidad recibida por el cliente es la que hemos determinado como apropiada para los fines de tu empresa.

En este fascículo te presentamos una revisión de los métodos usados para controlar la calidad de un producto o servicio, incluyendo al mismo tiempo los objetivos del control de la calidad, así como las consideraciones importantes para lograr estos objetivos.

► *Objetivo terminal*

Al concluir este fascículo, serás capaz de elaborar un plan que te permita controlar que la calidad de los productos o servicios que ofrece tu empresa esté de acuerdo con los objetivos de tu negocio.

► *Objetivos intermedios*

Al terminar este fascículo, estarás capacitado para:

Identificar los pasos que debes seguir para asegurar que el consumidor reciba un producto con las características de calidad establecidas por tu empresa.

Identificar las consideraciones que son importantes para lograr un eficiente sistema de inspección.

Utilizar las técnicas del control estadístico de la calidad para controlar que la calidad de tu producto o servicio sea la adecuada.

Concepto de control de la calidad

En los dos primeros fascículos de este Módulo hemos remarcado la importancia de la calidad en el diseño de nuestro producto o servicio. En el fascículo 2 del primer Módulo de este Paquete también hemos discutido las consideraciones que son importantes para lograr un buen diseño del producto. Si bien es necesario determinar las características y los estándares de nuestro producto para lograr una buena aceptación en el mercado, es igualmente importante que controlemos nuestro proceso productivo para que el producto o servicio que ofrecemos tenga las características de diseño que hemos establecido.

El control de la calidad consiste en la prevención, detección y corrección de los defectos de nuestro producto o servicio, y tiene como objetivo final que el consumidor reciba un producto con las características de calidad establecidas por la empresa. Para lograr este objetivo final se requieren varios objetivos intermedios, como son:

1. Asegurar que los productos que recibimos de nuestros proveedores tengan los estándares de calidad que requiere nuestra empresa.
2. Mantener un proceso de manufactura o de servicio que esté de acuerdo con las especificaciones de diseño que hemos establecido para nuestro producto o servicio.
3. Lograr el más alto nivel de calidad posible para nuestro producto o servicio.
4. Reducir el trabajo de compostura o corrección de errores en la manufactura, así como el número de clientes insatisfechos con nuestro producto o servicio.
5. Reducir los costos internos y externos de la calidad (véase el fascículo 2), en los que incurrimos debido a la baja calidad de nuestro proceso de manufactura o servicio.

El control del proceso consiste en verificar que los estándares de calidad del producto o servicio que ofrecemos sean los que hemos establecido, y tomar las decisiones correctivas, en caso de que no se estén cumpliendo las normas de calidad. Como vimos en el fascículo 2, algunas características de calidad de nuestro producto o servicio pueden no ser susceptibles de verificación directa; sin embargo, es función de la ingeniería de la calidad determinar las características medibles o verificables que nos permitan asegurar que nuestro producto o servicio posee las características deseadas. Habiendo dado este paso previo, nuestro sistema de control de calidad debe estar constituido por:

1. Las normas o estándares de calidad de nuestro producto o servicio.
2. El sistema o método de medición que utilizaremos para verificar las normas de calidad de nuestro producto o servicio.
3. Comparación de las medidas de calidad del producto o servicio producido con las normas establecidas, con el objeto de tomar las medidas correctivas en caso necesario.

Ejercicio 1:

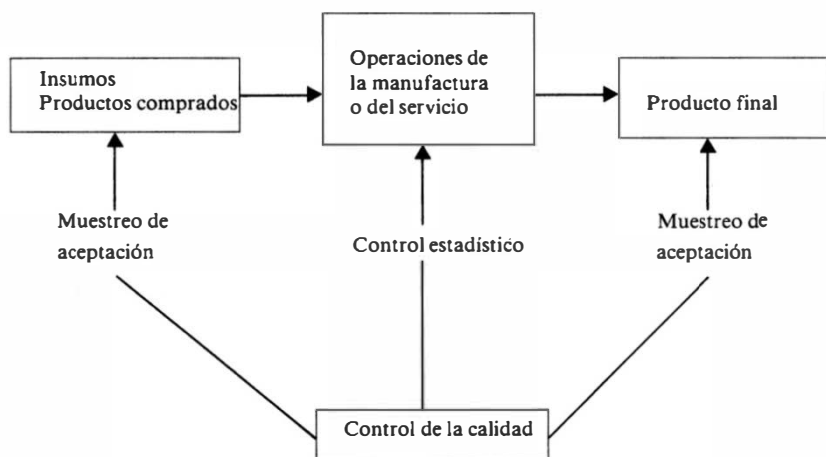
Considera el ejercicio 1 del fascículo 2, en el que describiste las características de calidad de tu producto o servicio. Selecciona las características más relevantes y para cada una de ellas establece una forma de medición o verificación de la calidad de tu producto o servicio. Por ejemplo, en el caso del pan del ejemplo 1, una forma de verificar indirectamente el contenido nutricional es pesando el pan. Ten en cuenta también que si tu empresa ofrece un servicio, existen características medibles que reflejan la calidad del servicio, por ejemplo, el tiempo de atención de un cliente, el número de quejas o reclamos, etcétera.

La inspección de la calidad debe realizarse en tres niveles fundamentales: proveedores, trabajo en proceso y producto final. La inspección de la calidad de los proveedores se hace para estar seguros de la calidad de los productos que recibimos, de manera que sean aceptables para su uso en la manufactura de nuestro producto o en la operación de nuestro servicio. Para ello, se acostumbra utilizar el **muestreo de aceptación**, es decir, generalmente no es posible inspeccionar la totalidad de unidades de un lote recibido; en este caso se selecciona un número determinado de unidades (una muestra del lote), y dependiendo de las características de estas unidades, se acepta el lote o se devuelve al proveedor para una mejor atención (por ejemplo, si todas las

unidades del lote tienen defecto, de seguro rechazaremos el lote). La metodología para aceptar o rechazar un lote de productos será discutida más adelante en este fascículo.

La inspección del trabajo en proceso se hace para verificar que no se cometieron fallas en alguno de los pasos del proceso de producción. Teniendo en cuenta el diagrama de flujo del proceso productivo (recuérdese el fascículo 1), podremos decidir al final de qué paso del proceso productivo podríamos inspeccionar el producto en proceso para evitar errores en el producto final. La técnica más usada para el control de la calidad de los trabajos en proceso es el control estadístico de la calidad del proceso (la cual discutiremos más adelante en este fascículo). Si tu empresa ofrece un servicio, el proceso de inspección o control de la calidad del servicio se puede realizar en algunos o todos los pasos que requiere el servicio.

Finalmente, la inspección del producto final es necesaria para verificar la calidad del producto terminado. Esta puede ser una inspección visual para verificar la apariencia del producto, o una prueba para verificar su desempeño. A menudo, en este caso el muestreo de aceptación es también útil. Debemos tener en cuenta que en los servicios también podemos hacer una inspección final; por ejemplo, una agencia de viajes puede ocasionalmente hacer visitas a los hoteles que recomienda a sus clientes para verificar su calidad, o también puede planear visitas a los clientes atendidos para pedir su opinión sobre el servicio.



El proceso de inspección

Antes de discutir las técnicas para el control estadístico de la calidad, es conveniente mencionar algunas de las consideraciones que son importantes para organizar eficientemente nuestro sistema de inspección. En primer lugar, de-

bemos mencionar que, en el pasado, el control de la calidad era responsabilidad de los inspectores, quienes detectaban los productos fallados y los descartaban o separaban para su reproceso. La naturaleza del trabajo de los inspectores, sin embargo, no estaba de acuerdo con el concepto de mejora de la calidad, ya que actuaban más bien como elementos controladores. Actualmente, se espera que los mismos operarios sean los inspectores de su trabajo, con el objeto de mejorarlo, o bien que los inspectores actúen más bien como consultores técnicos o entrenadores en el buen sentido de la palabra, con el objeto de evitar que el trabajo de los operarios se vea desmerecido, y se estimule al trabajador a mejorar su labor.

Con respecto al control de los proveedores, algunas empresas modernas evitan el trabajo de inspección trabajando muy cercanamente con ellos, verificando que sus procesos produzcan los insumos que son adecuados para la empresa, y haciéndoles llegar las recomendaciones que sirvan para mejorar la calidad de sus productos. En este caso, la mutua confianza es muy importante. Esta práctica ha dado excelentes resultados en el Japón, y se está empezando a difundir en otros países. En negocios pequeños, sin embargo, el seguimiento de los proveedores se dificulta por la poca importancia relativa que podría tener para el proveedor un cliente pequeño. En estos casos, la práctica del asociacionismo de los pequeños empresarios ha dado muy buenos resultados en algunos países, como Italia. Entre otros beneficios, la asociación de pequeños empresarios puede darles el poder de negociación necesario para exigir una buena calidad a sus proveedores.

Un punto importante es que existen fundamentalmente dos tipos de inspección: la inspección por atributo, y la inspección por variable. Un atributo es una característica del producto que tiene dos posibilidades, o está presente en el producto, o no lo está. Un ejemplo de atributo es la calidad del horneado del pan; por el color del pan es posible decidir si está bien horneado, o no lo está. Otros ejemplos de atributos pueden ser la forma, apariencia, sabor, olor, etc. La inspección por variable ocurre cuando la característica de calidad del producto puede ser medida. Los ejemplos más comunes de variables son peso, longitud y contenido de un componente particular. En servicios, un ejemplo de atributo de calidad es la opinión del cliente: satisfecho o insatisfecho, y un ejemplo de variable de calidad es el tiempo que demora la atención. El reconocer si la inspección es por atributo o por variable es importante porque las técnicas de análisis de los datos son diferentes en cada caso. También es cierto que, en general, una inspección por atributo puede ser menos difícil y posiblemente se requiera equipo menos sofisticado.

Ejercicio 2:

Reconsidera el ejercicio 1, y para cada una de las características de calidad verificables de tu producto o servicio, determina si la inspección debe ser por atributo o por variable.

Otro factor importante a considerar en el proceso de inspección es el número de unidades que serán inspeccionadas. En este sentido, se puede optar fundamentalmente por una de dos opciones: inspección al 100%, o inspección por muestreo. Debemos tener en cuenta que si bien la inspección al 100% (de todas las unidades) puede ser la forma más efectiva de asegurar la calidad, ésta no es perfecta, ya que puede haber errores humanos en la medición, por otro lado, puede ser muy costosa en algunos casos, o simplemente resultar imposible si el proceso de inspección requiere que el producto se destruya (como es el caso de la resistencia a la rotura de algunos materiales). En la inspección por muestreo sólo se inspecciona una fracción de los lotes de producción, y deben utilizarse técnicas estadísticas para decidir sobre la calidad de todo el lote.

Finalmente, otra decisión importante relacionada con el proceso de inspección es la localización de las estaciones de inspección. Debemos decidir no sólo en qué fase del proceso se realizarán las inspecciones, sino también dónde efectuar la inspección, teniendo en cuenta los costos en que se incurre cuando se detecta una falla, y también el costo de no detectarla (costos de mantenimiento y costos internos). Algunas reglas populares para localización de estaciones de inspección son las siguientes:

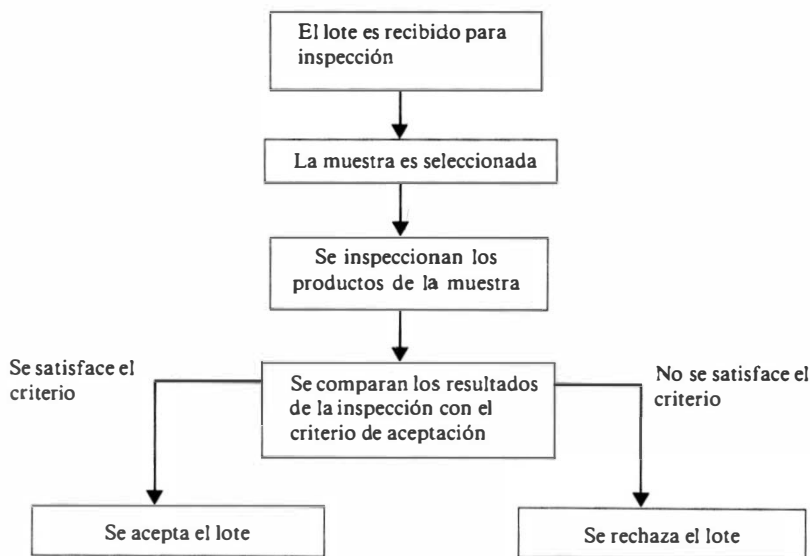
1. Localizar las estaciones luego de cada operación más probable de generar fallas.
2. Localizar las estaciones al final de cada operación de un producto terminado.

3. Localizar las estaciones antes de cada operación de manufactura o servicio.
4. Localizar las estaciones antes de cada operación costosa o donde recibirá un alto valor agregado.
5. Localizar las estaciones antes de las operaciones que hacen la detección de errores costosa, o que pueden ocultar las fallas, por ejemplo, una operación de pintura.

Muestreo de aceptación por atributo

El objetivo del muestreo de aceptación es determinar si un conjunto de productos satisface los requerimientos de calidad o no, a partir de la inspección de sólo una parte del conjunto. En el lenguaje de control de la calidad, el conjunto de productos recibe el nombre de lote, y la parte del conjunto que fue inspeccionada recibe el nombre de muestra.

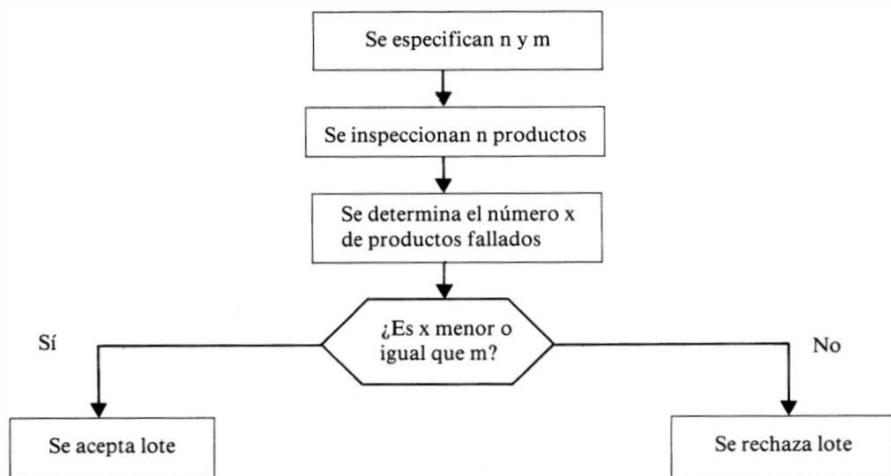
El procedimiento general para aceptar o rechazar un lote se ilustra en la siguiente gráfica:



Como podemos apreciar en la gráfica, debemos especificar un criterio para aceptar el lote basado en los resultados de la inspección. Evidentemente, este criterio tendrá que ver con el número de productos defectuosos que encontremos en la muestra; si éste es alto, el lote será rechazado. Si el lote es aceptado, será enviado a producción para su uso, o a los clientes, en caso de tratarse de productos terminados. En caso de rechazar el lote, deberán tomarse las medidas correctivas, ya sea la devolución del pedido al proveedor, o su reproceso para la corrección de fallas.

Al decidir si usamos o no un muestreo de aceptación, debemos considerar algunos factores, ya que si bien es menos costoso que una inspección al 100%, existe un costo del procedimiento. Algunos de los factores por considerar serán el nivel de confianza en los proveedores, el costo en que se incurre al aceptar productos defectuosos, y el riesgo del muestreo. Respecto de este último punto, es necesario aclarar que en el muestreo de aceptación existe siempre un riesgo debido a la naturaleza estadística del proceso de toma de decisiones. En general, existen dos tipos de errores con probabilidad de ocurrir. El primero es llamado error tipo I, y ocurre cuando rechazamos un lote que cumple con las especificaciones de calidad; el segundo es llamado error tipo II, y ocurre cuando aceptamos un lote que no cumple con las especificaciones de calidad. Afortunadamente, es posible controlar la probabilidad de ocurrencia de estos errores, de manera que puedan mantenerse bajas; la clave para reducir la probabilidad de ocurrencia de estos errores es el tamaño de la muestra (es decir, el número de productos inspeccionados en la muestra), tal como veremos más adelante. Por esta razón, se sabe también que el muestreo de aceptación es más eficiente cuando el lote es grande.

En el muestreo de aceptación por atributo, como ya mencionamos, se inspecciona un atributo del producto, es decir, una característica que puede estar presente o no. En general, el criterio de aceptación del lote estará dado por el número máximo de productos de la muestra que no poseen el atributo (en este caso, suponemos que la posesión del atributo significa buena calidad). Un plan de muestreo de aceptación por atributo debe especificar el tamaño de la muestra, al cual llamaremos n , y el número máximo de productos fallados (que no poseen el atributo), al cual llamaremos m . El procedimiento para aceptar o rechazar un lote de acuerdo con un plan de muestreo por atributo se ilustra en la siguiente gráfica:



La determinación de n y m en un plan de muestreo por atributo se hace de acuerdo con el riesgo que estamos dispuestos a correr de cometer los errores tipo I y tipo II. Ilustramos lo anterior con el siguiente ejemplo.

Ejemplo 1:

Supongamos que nuestro negocio es la venta de productos eléctricos en general, y que uno de los productos que vendemos son focos de luz. Los focos son comprados en lotes de 1,000 unidades y, como es de esperar, no podemos inspeccionar todos los focos del lote porque es muy costoso.

El primer paso para establecer un plan de muestreo es fijar el nivel de calidad que esperamos. En este caso, supongamos que esperamos que por lo menos el 95% de los focos funcione correctamente, que es la norma establecida por nuestro proveedor.

El segundo paso es determinar el tamaño de la muestra (tema que discutiremos más adelante). Por el momento, supongamos que hemos determinado que $n = 10$. Para determinar el número máximo m de productos defectuosos debemos fijar la probabilidad de cometer el error tipo I (de rechazar un lote que cumple las especificaciones).

En la práctica, la probabilidad de cometer el error tipo I se fija en valores menores o iguales que 0.10. Supongamos que hemos establecido que nuestra probabilidad de cometer el error tipo I esté alrededor de 0.10. Para determinar m debemos tener en cuenta que si la probabilidad de obtener un producto defectuoso es p , entonces la probabilidad de que haya k productos defectuosos de n inspeccionados obedece a la distribución binomial, dada por:

$$f(k;n,p) = \frac{n! p^k (1-p)^{n-k}}{(n-k)! k!}$$

donde, para cualquier número entero i , la notación $i!$ hace referencia al “factorial de i ”, y es igual a $i! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times i$, por ejemplo, $3! = 1 \times 2 \times 3 = 6$, con la convención de que $0! = 1$. Teniendo en cuenta las probabilidades de la distribución binomial para $n = 10$ y $p = 0.05$ (de acuerdo con lo convenido, la probabilidad de que un foco determinado de un lote bueno sea defectuoso es 0.05), podemos calcular las probabilidades de k productos defectuosos en la muestra.

Estas probabilidades se especifican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Probabilidades de productos defectuosos en la muestra

Número de productos defectuosos (k)	Probabilidad $f(k; 10, 0.05)$
0	0.5987
1	0.3151
2	0.0746
3	0.0105
4	0.0010
5	0.0001
6	0.0000
7	0.0000
8	0.0000
9	0.0000
10	0.0000

Nótese que la probabilidad de más de 0 defectos es $1 - 0.5987 = 0.4013$ cuando el lote es bueno ($p = 0.05$). Por lo consiguiente, si establecemos para el criterio de aceptación que $m = 0$, habrá una probabilidad de 0.4013 de cometer el error tipo I, que es muy alta. En cambio si establecemos que $m = 1$, la probabilidad de cometer el error tipo I es de $1 - 0.5987 - 0.3151 = 0.0862$, menor que el valor 0.10 que habíamos especificado. De esta forma determinamos que $m = 1$ es un buen criterio, es decir, rechazamos un lote sólo cuando hay 2 o más defectuosos en la muestra de 10 inspeccionados. Es conveniente indicar que en la práctica no es necesario que efectuemos el cálculo de las probabilidades de una distribución binomial por nosotros mismos; en la mayoría de los textos de estadística estas probabilidades están presentadas en tablas.

Cuadro 2. Probabilidades de productos defectuosos en la muestra

Número de productos defectuosos (k)	Probabilidad $f(k; 10, 0.2)$
0	0.1074
1	0.2684
2	0.3020
3	0.2013
4	0.0881
5	0.0264
6	0.0055
7	0.0008
8	0.0001
9	0.0000
10	0.0000

Si queremos determinar un tamaño de muestra adecuado, debemos tener en cuenta las probabilidades de error tipo II. En general, aumentar un tamaño de muestra produce el efecto de disminuir la probabilidad de cometer el error tipo II, una vez que se ha fijado el riesgo de cometer el error tipo I. Por ejemplo, supongamos que un porcentaje de falla de 0.20 es malo para nosotros y quisiéramos que la probabilidad de aceptar un lote con 20% de defecto no sea mayor de 0.5. En este caso, debemos tener en cuenta las probabilidades de que hallemos k defectuosos en una muestra proveniente de un lote con 20% de defectuosos, es decir, los valores $f(k; 10, 0.2)$ que se presentan en el Cuadro 2. Con nuestro criterio de aceptación de $m = 1$, tenemos que la probabilidad de aceptar un lote con 20% de defecto es $0.1074 + 0.2684 = 0.3758$, menor que 0.5, lo cual satisface nuestras expectativas. Esto quiere decir que el 37.58% de los lotes que tengan 20% de defecto serán aceptados; si esto no satisface nuestras expectativas, deberemos incrementar el tamaño de la muestra para que esta probabilidad disminuya.

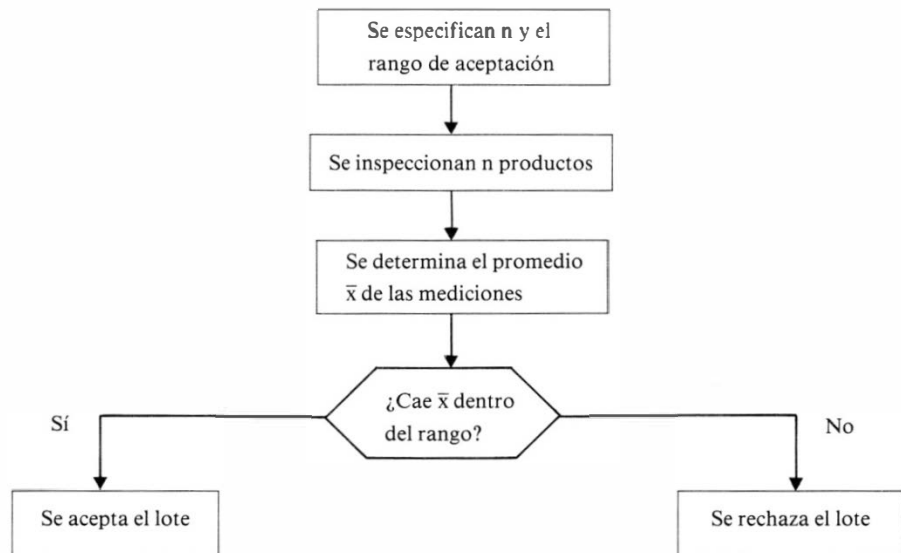
Con el anterior ejemplo, hemos querido ilustrar los pasos necesarios para diseñar un sistema de muestreo de aceptación por atributo en la forma más sencilla posible, si esto te parece aún complicado, te recomendaríamos que un especialista en estadística te haga los cálculos. En todo caso, resumiremos los pasos necesarios para la determinación de un plan de muestreo de aceptación por atributo:

1. Determinar la fracción de defectuosos p que esperamos en un lote aceptable.
2. Fijar la probabilidad de cometer el error tipo I deseada (menor de 0.10) y un tamaño de muestra n que consideremos adecuado desde el punto de vista del costo.
3. Con base en los valores de p , n y la probabilidad de cometer el error tipo I, se determina el nivel de aceptación m , haciendo uso de las tablas de la distribución binomial.
4. En función de un porcentaje de defectos no deseable, y de una probabilidad de cometer el error tipo II con ese porcentaje, determinar si el tamaño de muestra n satisface nuestras expectativas de costo y precisión. Si las satisface, podemos aceptar el plan de muestreo; de otra forma, debemos incrementar el tamaño de muestra n y volver al paso 3.

Muestreo de aceptación por variable

En el muestreo de aceptación por variable, inspeccionamos los productos de acuerdo con una medida cuantitativa de la calidad (por ejemplo: peso, longitud, resistencia a la presión, etc.). En el caso de las características que se miden en una escala continua, debemos tener en cuenta que nunca se pueden lograr estándares exactos, porque siempre hay una pequeña variabilidad entre

los productos. Por ejemplo, si un saco de arroz especifica un peso de 50 kg, lo normal es que recibamos sacos con pesos cercanos a los 50 kg, pero nunca con precisión matemática la especificación indicada. En general, el control de la calidad por variables requiere de la especificación de un valor promedio de la variable o característica, y de una medida del grado de variabilidad de la variable; al respecto, la medida de variabilidad adoptada universalmente es la desviación estándar. Si la calidad de un producto especifica que la variable de calidad tiene una media μ y una desviación estándar S , esto significa que aproximadamente en el 68% de los productos la variable de calidad tiene un valor que está entre $\mu - S$ y $\mu + S$. Por ejemplo, si la desviación estándar de los sacos de arroz es de 1 kg, el 68% aproximadamente de los sacos tienen un peso entre 49 y 51 kg. En general, el criterio de aceptación de un lote, en este caso, estará dado por el promedio de las mediciones de la variable en los productos de la muestra. El lote será aceptado si el promedio de la muestra cae dentro de un rango de aceptación determinado. Este rango se determina teniendo en cuenta tanto la media como la desviación estándar que especifica la calidad del lote. Un plan de muestreo de aceptación por variable debe especificar el tamaño de la muestra, al cual llamamos n , y el rango de aceptación para el promedio de la muestra. El procedimiento para aceptar o rechazar un lote de acuerdo con un plan de muestreo por variable se ilustra en la siguiente gráfica:



La determinación de n y del rango de aceptación en un plan de muestreo por variable se hace de acuerdo con el riesgo que estamos dispuestos a correr de cometer los errores tipo I y tipo II. Esto lo ilustramos con el siguiente ejemplo.

Ejemplo 2:

Supongamos que nuestro negocio es la panadería, y que compramos harina en sacos de 50 kg. La harina se compra en lotes de 100 sacos e inspeccionar nuevamente todos los sacos del lote es muy costoso. En este caso, supongamos que esperamos un peso promedio de $\mu = 50$ kg en los sacos, con una desviación estándar de $S = 1$ kg, que es la norma establecida por nuestro proveedor. Supongamos que de acuerdo con nuestro costo de inspección, hemos determinado que $n = 10$ es un tamaño de muestra apropiado. Con el fin de determinar el rango de aceptación para el promedio de la muestra, debemos fijar la probabilidad de cometer el error tipo I (rechazar un lote que cumple las especificaciones). En este caso, fijaremos la probabilidad de error tipo I en 0.05. Para determinar el rango de aceptación debemos tener en cuenta que la variable:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

tiene una distribución de probabilidades conocida con el nombre de distribución normal estándar. Las probabilidades de la distribución normal estándar están tabuladas en los textos de estadística. En particular, en estas tablas se puede ver que la probabilidad de que Z tome un valor menor de 1.645 es igual a la probabilidad de error tipo I de 0.05 que hemos fijado. Luego, si el lote cumple con las especificaciones de calidad, es decir $\mu = 50$ y $S = 1$, la probabilidad de que la media de la muestra \bar{x} sea menor de:

$$\mu - 1.645 (S \sqrt{n}) = 50 - 1.645 (1 / \sqrt{10}) = 49.48$$

es de 0.05. Es decir, si nuestro criterio de rechazo es que la media de los pesos de la muestra de 10 sacos es menor de 49.48 kg, tendremos una probabilidad de 0.05 de cometer el error tipo I, como lo queríamos. De esta forma, hemos determinado nuestro rango de aceptación, aceptamos el lote de 100 sacos si en una muestra de 10 sacos encontramos un peso promedio de 49.48 kg o más. Si queremos determinar un tamaño de muestra adecuado, debemos tener en cuenta las probabilidades de cometer el error tipo II. Al igual que en el muestreo por atributo, al aumentar el tamaño de la muestra, se disminuye la probabilidad de cometer el error tipo II, una vez que se ha fijado el riesgo de cometer el error tipo I. Por ejemplo, supongamos que un peso promedio de 49 kg es malo para nosotros, y quisiéramos que la probabilidad de aceptar un lote con peso promedio de 49 kg no sea mayor de 0.1. En este caso, debemos tener en cuenta si $\mu = 49$ y $S = 1$, la probabilidad de que \bar{x} sea mayor que 49.48 es la probabilidad de que Z sea mayor de:

$$(49.48 - 49) / (1 / \sqrt{10}) = 1.52,$$

consultando en las tablas de la distribución normal estándar vemos que esta probabilidad es de 0.0993, por lo que satisfacemos nuestra exigencia, si así no lo fuera, deberíamos aumentar el tamaño de la muestra.

Con el anterior ejemplo, hemos querido ilustrar los pasos necesarios para diseñar un sistema de muestreo de aceptación por variable en la forma más sencilla posible; si esto te parece aún complicado, te recomendaríamos que un especialista en estadística te haga los cálculos. En todo caso, resumiremos los pasos necesarios para la determinación de un plan de muestreo de aceptación por variable:

1. Determinar la media μ y la desviación estándar S que esperamos en un lote aceptable.
2. Fijar la probabilidad de cometer el error tipo I deseada (menor de 0.10) y un tamaño de muestra n que consideremos adecuado desde el punto de vista del costo.
3. Con base en los valores de n , μ , S y la probabilidad de cometer el error tipo I, se determina el rango de aceptación haciendo uso de las tablas de la distribución normal estándar.
4. En función de una media de la característica que no es deseable, y de una probabilidad de cometer el error tipo II con esa media, determinar si el tamaño de muestra n satisface nuestras expectativas de costo y precisión. Si las satisface, podemos aceptar el plan de muestreo; de otra forma, debemos incrementar el tamaño de muestra n y volver al paso 3.

Debemos indicar que para el caso de muestreo de aceptación por variable se puede determinar directamente el tamaño de muestra apropiado en función de las probabilidades de cometer los errores tipo I y II; sin embargo, no hemos mencionado el procedimiento para simplificar la exposición, para una explicación más detallada, te recomendamos consultar un texto de estadística.

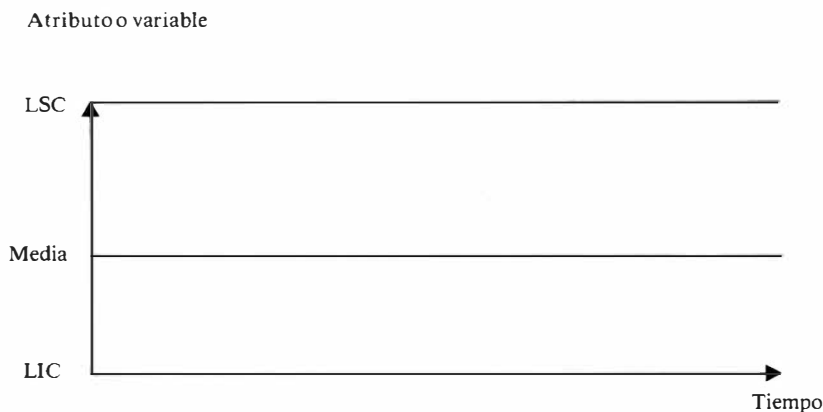
Control estadístico de los procesos

A pesar de los esfuerzos de la tecnología y de las empresas para mejorar la calidad en los procesos productivos, no será posible que los estándares de calidad de los productos sean perfectos; las máquinas y las herramientas se deterioran con el uso, la calidad de los insumos no es perfecta y existe siempre la posibilidad de fallas humanas. Afortunadamente, cada uno de los factores que hemos mencionado son susceptibles de corrección, las máquinas y herramientas se reparan o se reemplazan, los proveedores pueden mejorar su calidad y los seres humanos pueden corregir sus errores. Estas causas de baja calidad, que es posible enmendar, se denominan **causas asignables**. Sin em-

bargo, existen otras causas de baja calidad que son inherentes a un proceso productivo; estas causas pueden ser asignadas simplemente al azar, o al nivel de la tecnología, porque aun las máquinas más modernas no son perfectas. Estas causas originan variaciones normales en los estándares de calidad y se denominan **causas comunes**. El propósito del control estadístico de los procesos productivos es justamente detectar cuándo una variabilidad en los estándares de producción se debe a las causas asignables, de manera que el proceso deba ser revisado y detectarse la causa de la anormalidad.

El control estadístico de los procesos utiliza un sistema de gráficas, las **cartas de control**, para detectar cuándo una variabilidad en el proceso productivo se debe a causas asignables.

Una carta de control es una gráfica que describe cuándo un proceso está bajo control, y cuándo está fuera de control, en cuyo caso debe buscarse la causa asignable que origina la falta de control. La siguiente gráfica ilustra la forma típica de una carta de control:



El eje vertical corresponde a la media del proceso, la cual se graficará respecto al tiempo transcurrido del proceso (eje horizontal). El valor correspondiente a la línea horizontal del centro es la media general del proceso (μ), el valor de la línea superior (LSC) corresponde al límite superior de control y el valor de la línea inferior (LIC) corresponde al límite inferior de control; cuando una media del proceso cae fuera de estos dos límites se considera que el proceso está fuera de control. Los límites inferior y superior de control se obtienen bajo el supuesto de distribución normal de las mediciones, y considerando una alta probabilidad de caer entre esos dos límites; por lo general, se utilizan los valores $LSC = \mu + 3 S$, y $LIC = \mu - 3 S$, donde S es la desviación estándar del proceso, lo que da una probabilidad de 0.997 de que una medición esté entre estos dos límites.

A continuación, resumiremos los pasos que deben seguirse para construir las cartas de control. Como en el caso del muestreo de aceptación, deben distinguirse los casos de control por atributo, y control por variable.

Para el control de los procesos por atributo, se seleccionan M muestras de tamaño n en secuencia, y se calculan las proporciones p_i de defectuosos en la muestra i ($i = 1, 2, \dots, M$). Generalmente, M debe estar entre 20 y 30, y n es al menos 100. El siguiente paso es calcular:

$$\mu = (p_1 + p_2 + \dots + p_M) / M,$$

$$V = \mu(1-\mu) / n, \text{ y } S = \sqrt{V}.$$

Los límites de control son:

$$LSC = \mu + 3 S, \text{ y } LIC = \mu - 3 S.$$

Los valores p_1, p_2, \dots, p_M son los que se grafican en la carta de control para los tiempos 1, 2, ..., M .

Para el control de los procesos por variable, existen dos tipos de carta usuales, una la llamaremos carta- μ , y la otra carta- R (la letra R hace referencia al rango). El rango se usa a menudo como medida de variabilidad, ya que es más fácil de calcular que la desviación estándar. Para construir la carta de control se seleccionan M muestras de n observaciones cada una en secuencia, luego se calculan los promedios p_i , y los rangos R_i (la diferencia entre el valor mayor y el valor menor de la muestra) para la muestra i . A continuación, se calculan:

$$\mu = (p_1 + p_2 + \dots + p_M) / M,$$

y

$$R = (R_1 + R_2 + \dots + R_M) / M,$$

Para calcular los límites de la carta- R se usan los valores del Cuadro 3, de acuerdo con las fórmulas:

$$LSC = D_4 R,$$

$$LIC = D_3 R,$$

Para los límites de la carta- μ se usan los datos del Cuadro 3 y

$$LSC = \mu + A_2 R,$$

$$LIC = \mu - A_2 R.$$

Las cartas se construyen graficando los promedios y los rangos en secuencia, en sus respectivas cartas. La carta- R se construye primero, ya que si esta carta se encuentra fuera de control, la información de la carta- μ no es confiable.

Cuadro 3. Valores críticos para el control por variables

Tamaño de muestra n	D3	D4	A2
2	0	3.27	1.88
3	0	2.57	1.02
4	0	2.28	0.73
5	0	2.11	0.58
6	0	2.00	0.48
7	0.08	1.92	0.42
8	0.14	1.86	0.37
9	0.18	1.82	0.34
10	0.22	1.78	0.31

Ejemplo 3:

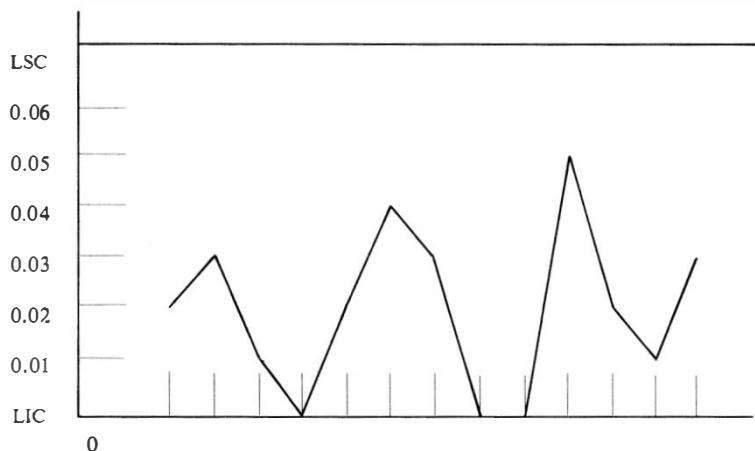
Con el objeto de ilustrar la construcción de una carta de control por atributo, consideremos el siguiente ejemplo. Una fábrica de envases de plástico ha inspeccionado 25 muestras de 100 envases cada una en el transcurso de un mes, en este caso, $M = 20$, y $n = 100$. El número de envases defectuosos encontrados en cada una de las muestras se proporciona en el Cuadro 4. La muestra 1 fue la que se obtuvo primero, la muestra 2 en segundo lugar y así sucesivamente.

Como puede apreciarse en el Cuadro 4, el total de defectuosos en las 25 muestras es de 58, de un total de $100(25) = 2,500$ envases inspeccionados, luego la proporción total de defectuosos es de $\mu = 58/2,500 = 0.0232$.

Cuadro 4. Número de defectuosos por muestra

Muestra	Defectuosos	Muestra	Defectuosos
1	2	13	4
2	3	14	4
3	1	15	6
4	0	16	0
5	2	17	2
6	4	18	3
7	3	19	2
8	0	20	1
9	0	21	0
10	5	22	4
11	2	23	3
12	1	24	2
		25	5

A continuación debemos calcular la varianza $V = (0.0232)(1 - 0.0232) / 100 = 0.000227$, y la desviación estándar $S = \sqrt{0.000227} = 0.015$. En consecuencia, el límite superior de control es $LSC = 0.0232 + 3(0.015) = 0.0682$, y el límite inferior de control es $LIC = 0.0232 - 3(0.015) = -0.0218$, el cual es negativo. Como no pueden observarse promedios negativos, deberá tomarse $LIC = 0$. En la siguiente gráfica ilustramos cómo sería la gráfica de control para este proceso, hasta la muestra número 13. Como se observa, estamos graficando el número de la muestra (que indica el orden en que fue obtenida), con el valor de su correspondencia proporción de defectuosos.



Observemos que, de acuerdo con la gráfica, el proceso está bajo control. Si alguna muestra hubiera tenido un porcentaje de defectuosos mayor de 0.06, el proceso no estaría bajo control, indicando que debe buscarse la causa asignable que originó la falla.

Ejemplo 4:

Con el objeto de ilustrar la construcción de una carta de control por variable, consideremos el siguiente ejemplo. Con el objeto de controlar que el peso de los bolillos que produce Panificadora San Nicolás es el adecuado, se han tomado 15 muestras de 3 bolillos durante una semana, en este caso, $M = 15$, y $n = 3$. En el Cuadro 5 se presentan los pesos de los bolillos, así como el promedio y el rango (peso mayor menos peso menor en la muestra) para cada muestra. Como puede apreciarse en el Cuadro 5, el promedio de pesos de todas las muestras fue:

$$\mu = \frac{121.3 + 123.1 + \dots + 118.0 + 122.3}{15} = 120.4$$

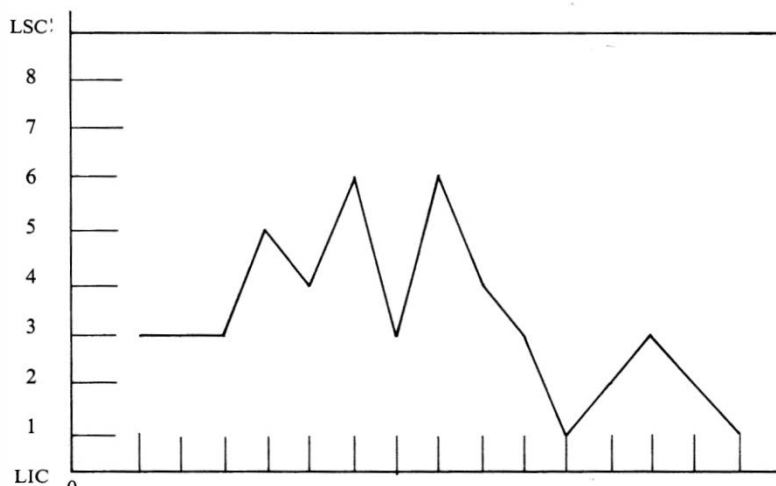
mientras que el rango promedio fue:

$$R = \frac{3 + 3 + \dots + 2 + 1}{15} = 3.267$$

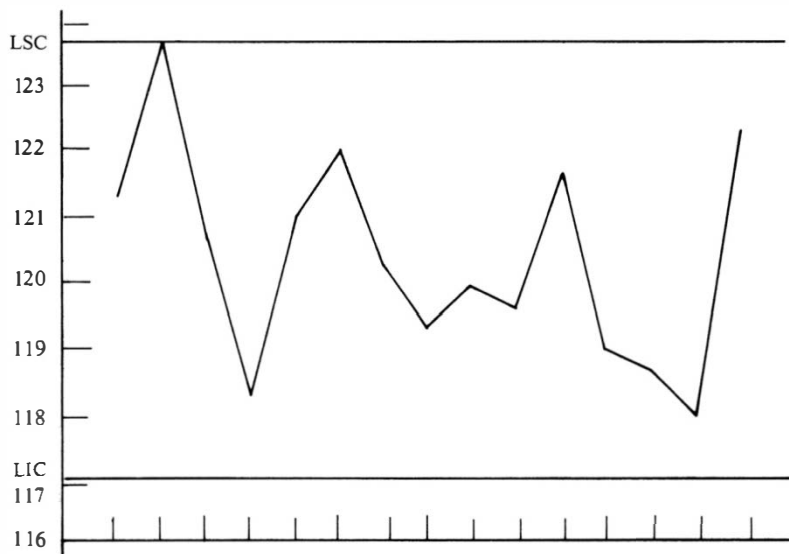
Cuadro 5. Pesos de bolillos por muestra

Muestra (i)	Pesos (gramos)	Promedio (\bar{p}_i)	Rango (R_i)
1	120, 121, 123	121.3	3
2	122, 124, 125	123.7	3
3	122, 121, 119	120.7	3
4	118, 121, 116	118.3	5
5	121, 119, 123	121.0	4
6	124, 122, 118	122.0	6
7	119, 122, 120	120.3	3
8	116, 120, 122	119.3	6
9	122, 118, 120	120.0	4
10	118, 121, 120	119.7	3
11	121, 122, 122	121.7	1
12	118, 119, 120	119.0	2
13	119, 120, 117	118.7	3
14	119, 118, 117	118.0	2
15	122, 123, 122	122.3	1

Como podemos apreciar en el Cuadro 3, para $n = 3$, tenemos $D3 = 0$, y $D4 = 2.57$. En consecuencia, el límite superior de control para la carta-R es $LSC = (2.57)(3.267) = 8.396$, y el límite inferior de control es $LIC = 0(3.267) = 0$. En la siguiente gráfica ilustramos la carta-R para este ejemplo.



Como puede apreciarse en la gráfica de la carta-R, el proceso de rangos está bajo control, por lo que podemos graficar la carta- μ . En el Cuadro 3 podemos observar que el valor de A_2 para $n = 3$ es $A_2 = 1.02$, por lo que el límite superior de control para la carta- μ es $LSC = 120.4 + (1.02) (3.267) = 123.732$, y el límite inferior de control es $LIC = 120.4 - (1.02) (3.267) = 117.068$. En la siguiente gráfica presentamos la carta- μ para este ejemplo.



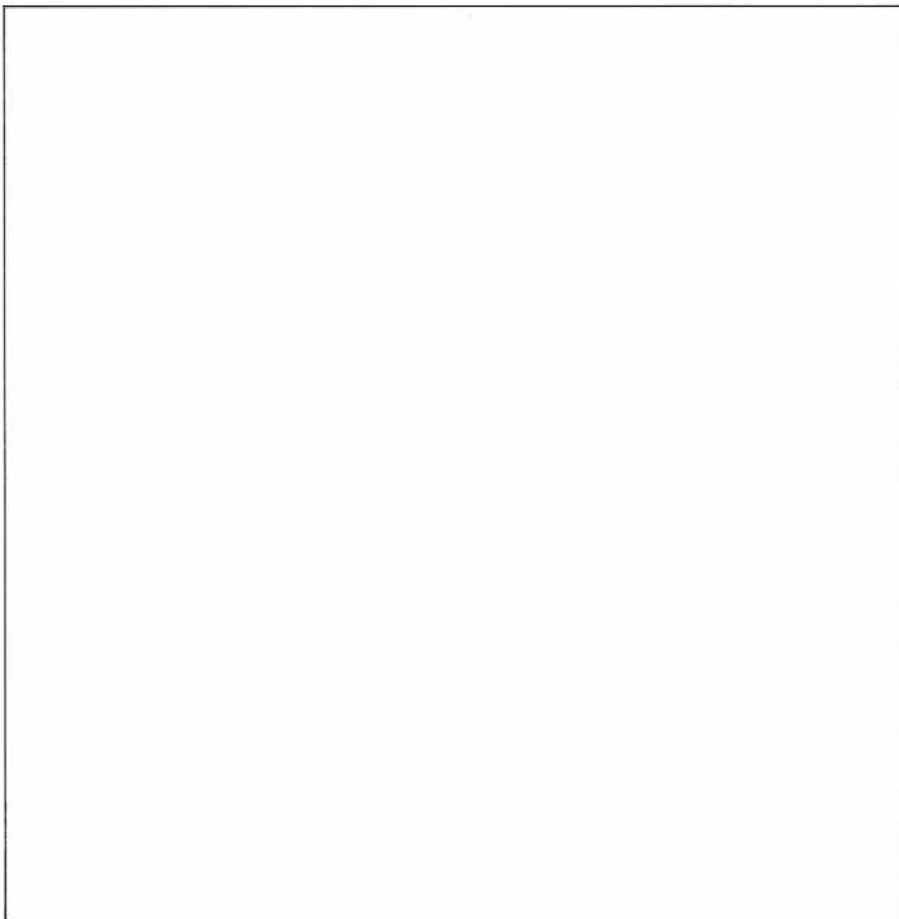
Como puede apreciarse en la gráfica de la carta- μ , el proceso de promedios de pesos está bajo control, ya que ningún promedio muestral cae fuera de los límites de control.

Evaluación final

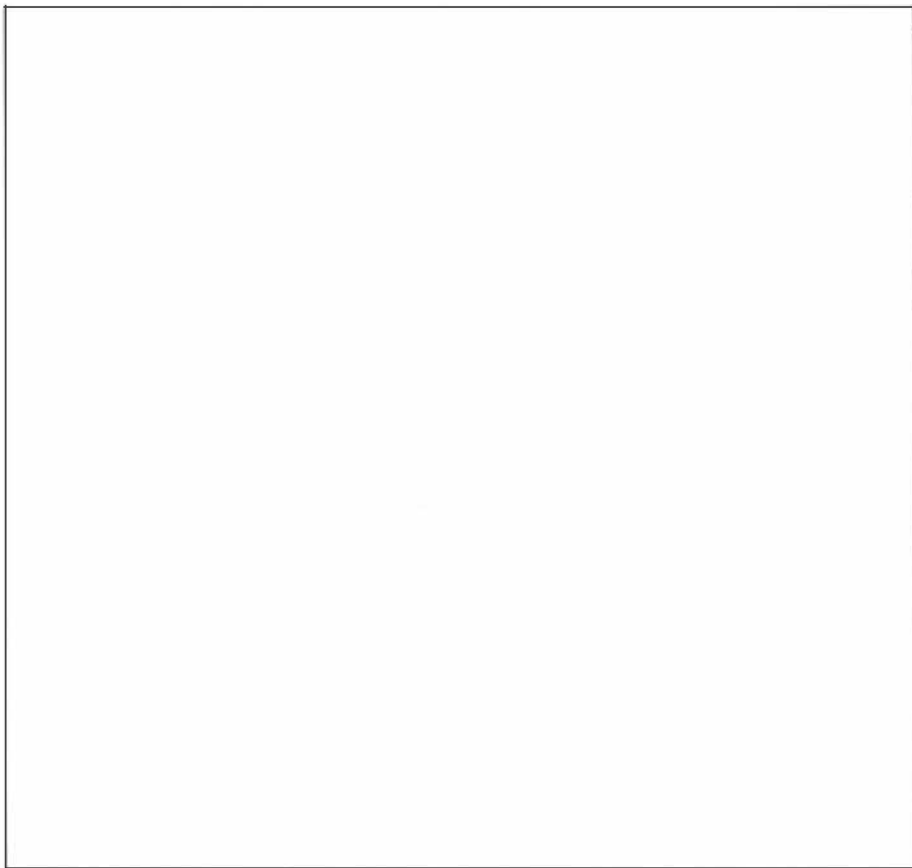
1. Menciona tres objetivos intermedios del control de la calidad:

2. Un sistema de control de la calidad debe estar constituido por:

3. Ilustra con una gráfica el procedimiento para aceptar o rechazar un lote con base en un muestreo de aceptación.



4. Ilustra con una gráfica el procedimiento para aceptar o rechazar un lote con base en un muestreo de aceptación por atributo.



5. Indica cuándo se incurre en el error tipo I, y cuándo en el error tipo II, en un muestreo de aceptación.

6. Menciona el nombre con que se conocen los dos tipos de causas de la variabilidad en las especificaciones de calidad.

7. Menciona los dos tipos de carta que se utilizan para el control estadístico de los procesos por variable.

RESPUESTAS

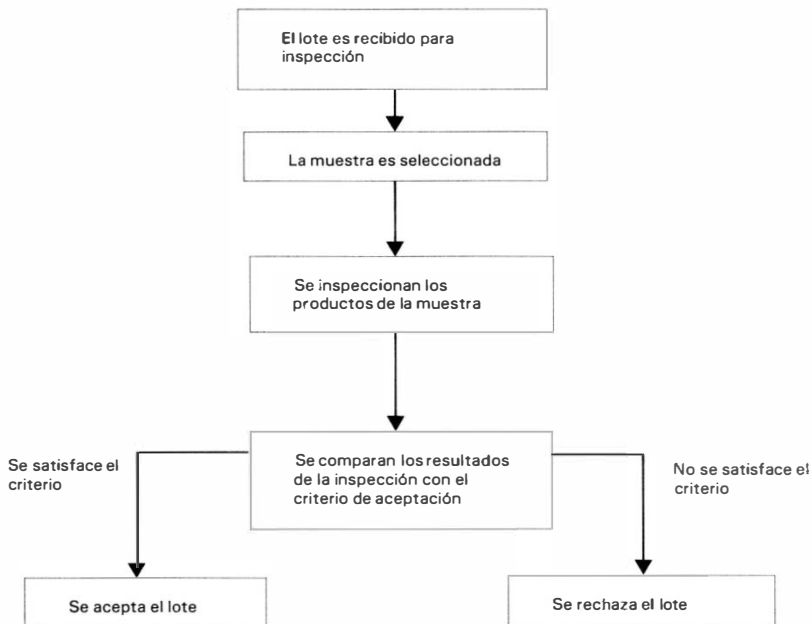
1. Cualquiera de los siguientes:

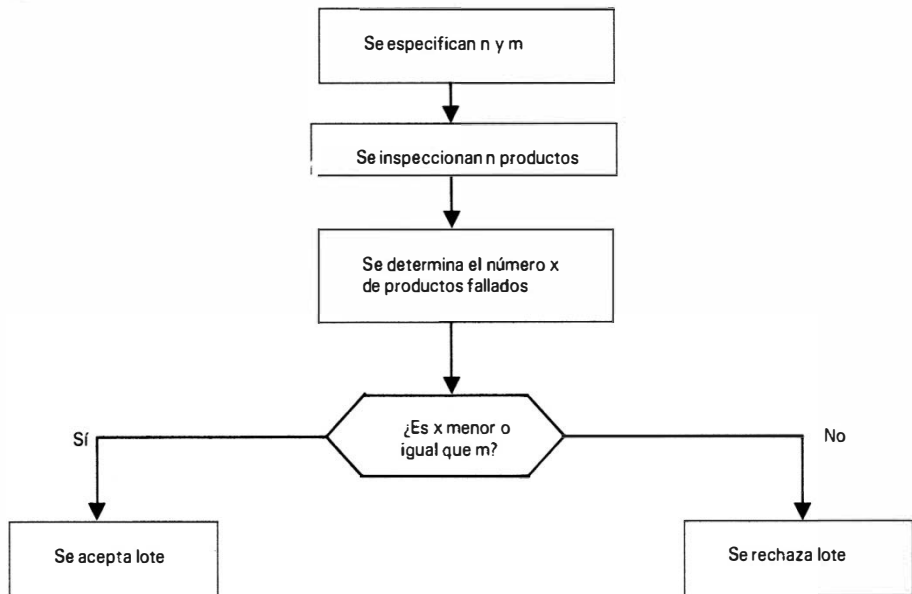
1. Asegurar que los productos que recibimos de nuestros proveedores tengan los estándares de calidad que requiere nuestra empresa.
2. Mantener un proceso de manufactura o de servicio que esté de acuerdo con las especificaciones de diseño que hemos establecido para nuestro producto o servicio.
3. Lograr el más alto nivel de calidad posible para nuestro producto o servicio.
4. Reducir el trabajo de compostura o corrección de errores en la manufactura, así como el número de clientes insatisfechos con nuestro producto o servicio.
5. Reducir los costos internos y externos de la calidad (véase el fascículo 2), en los que incurrimos debido a la baja calidad de nuestro proceso de manufactura o servicio.

2. Está constituido por:

1. Las normas o estándares de calidad de nuestro producto o servicio.
2. El sistema o método de medición que utilizaremos para verificar las normas de calidad de nuestro producto o servicio.
3. Comparación de las medidas de calidad del producto o servicio producido con las normas establecidas, con el objeto de tomar las medidas correctivas en caso necesario.

3.





5. Se incurre en el error tipo I cuando rechazamos un lote que cumple con las especificaciones de calidad, se incurre en el error tipo II cuando aceptamos un lote que no cumple con las especificaciones de calidad.
6. Los tipos de causas de la variabilidad en la calidad de un producto o servicio son las causas comunes y las causas asignables.
7. Los dos tipos de carta son la carta-R y la carta- μ .